

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Daniel KAGI, et al.

GAU:

SERIAL NO: 10/617,657

EXAMINER:

FILED: July 14, 2003

FOR: METHOD FOR PRODUCING A SEQUENCE SYNCHRONIZED WITH AN EXTERNAL SIGNAL
AND SYNCHRONIZATION CIRCUIT AND RECEIVER

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number _____, filed _____, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e): Application No. _____ Date Filed _____

☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
EUROPEAN PATENT OFFICE	02 406 139.2	December 24, 2002

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. _____ filed _____
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number _____
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. _____ filed _____; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s) _____
☐ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.


Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913

Joseph A. Scafetta, Jr.
Registration No. 26,803

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 05/03)



**Eur päisches
Patentamt**

**Eur pean
Patent Office**

**Office européen
des brevets**

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-
gen stimmen mit der
ursprünglich eingereichten
Fassung der auf dem näch-
sten Blatt bezeichneten
europäischen Patentanmel-
dung überein.

The attached documents
are exact copies of the
European patent application
described on the following
page, as originally filed.

Les documents fixés à
cette attestation sont
conformes à la version
initialement déposée de
la demande de brevet
européen spécifiée à la
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

02406139.2

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk

1

2

3



Anmeldung Nr.:
Application no.: 02406139.2
Demande no:

Anmeldetag:
Date of filing: 24.12.02
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

U-Blox-AG
Zürcherstrasse 68
8800 Thalwil
SUISSE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Verfahren zur Erzeugung einer mit einem externen Signal synchronisierten Folge
sowie Synchronisationsschaltung und Empfänger

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)
revendiquée(s)
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

H04J13/00

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL
PT SE SI SK TR

B E S C H R E I B U N G

VERFAHREN ZUR ERZEUGUNG EINER MIT EINEM EXTERNEN SIGNAL SYNCHRONISIERTEN FOLGE SOWIE SYNCHRONISATIONSSCHALTUNG UND EMPFÄNGER

5 **Technisches Gebiet**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung einer
internen Folge von analogen Werten mit einer bestimmten
Periode, welche einer in einem empfangenen Signal codierten
externen Folge entspricht und mit ihr synchron ist, gemäss
10 dem Oberbegriff des Anspruchs 1, ausserdem eine
Synchronisationsschaltung zur Durchführung des Verfahrens
und einen mindestens eine derartige Synchronisations-
schaltung umfassenden Empfänger. Verfahren dieser Art dienen
zur Decodierung von bestimmten Signalen in der Nachrichten-
15 technik, wie sie vor allem in der mobilen Telefonie und bei
Ortungssystemen wie GPS eingesetzt werden.

Stand der Technik

In GPS-Empfängern, die im Folgenden als Beispiel
herangezogen werden, müssen mehrere von Satelliten
20 ausgesandte Signale den Satelliten zugeordnet und ihre
Phasenlagen genau bestimmt werden, so dass die Laufzeiten
und damit die Entfernung des Empfängers von den Satelliten
ermittelt werden können. Den Signalen mit einer
Trägerfrequenz von 1'575,42 MHz ist jeweils mittels
25 Phasenmodulation ein digitales Signal aufgeprägt, das auf
einer bestimmten, für den Satelliten kennzeichnenden
Grundfolge von sogenannten Chips, einer Pseudozufallsfolge
der Länge $N=1'023$ beruht. Die Uebertragungszeit der
Grundfolge ist 1 ms, daher ist die Uebertragungszeit eines

Chip der 1'023. Teil einer Millisekunde, also etwas weniger als 1 μ s.

Der Satellit übermittelt auch digitale Daten, indem ein Datenbit jeweils mit 20 unmittelbar hintereinander
5 gesendeten Exemplaren der Grundfolge verknüpft wird. Da die Uebermittlung der Grundfolge 1 ms dauert, erfolgt die Datenübertragung mit einer Rate von 50 bit/s. Das empfangene Signal besteht daher jeweils aus einer Folge von Wiederholungen der 20-fachen Grundfolge, wobei die 20-fache
10 Grundfolge jeweils je nach Datenbit invertiert ist oder nicht. Die Grundfolge ist jeweils eine sogenannte Gold-Folge. Das Signal ist gewöhnlich sehr schwach und hat auf der Dezibel-Skala einen stark negativen Rauschabstand.

Zur Identifikation der Grundfolge und Feststellung der
15 Phasenlage des empfangenen Signals wurden verschiedene Verfahren vorgeschlagen. So wird z.B., während aus dem empfangenen Signal in einer Hochfrequenzstufe eine externe Folge binärer Werte abgeleitet wird, jede der möglichen Grundfolgen lokal im Empfänger erzeugt und jeweils um
20 verschiedene Intervalle verschobene Kopien davon mit der externen Folge korreliert. Dabei kann die Suche in allen Fällen, in denen keine Uebereinstimmung gefunden wird, erst nach Ueberprüfung sämtlicher möglicher Verschiebungen der Grundfolge abgebrochen werden. Wegen der verhältnismässig
25 grossen Länge derselben ist dies ein zeitaufwendiges Verfahren, ausser es wird stark parallelisiert, was jedoch sowohl den Schaltungsaufwand und damit die Kosten des Empfängers als auch den Energieverbrauch in die Höhe treibt.

Gemäss einem anderen Verfahren (WO-A-02/25 829) wird ein
30 Abschnitt der externen Folge Fourier-transformiert und mit der im Empfänger gespeicherten Fourier-Transformierten der

- Grundfolge multipliziert und das Resultat rücktransformiert. Dies entspricht einer Faltung des Abschnitts der externen Folge mit der Grundfolge, deren Werte jeweils den Korrelationen des Abschnitts mit dem um eine entsprechende
- 5 Anzahl Chips zeitverschobenen Exemplar der Grundfolge entsprechen, so dass ihr Maximum die Phasenlage anzeigt. Auch dieses Verfahren erfordert jedoch einen beträchtlichen schaltungstechnischen Aufwand und führt zu einem verhältnismässig hohen Energieverbrauch im Empfänger.
- 10 Für sogenannte m-Folgen ist es auch bekannt (US-A-5 579 337, US-A-5 612 973, WO-A-01/37 441), eine zu einer externen Folge synchrone interne Folge zu erzeugen, indem ein analoges rückgekoppeltes Schieberegister eingesetzt wird, dem jeweils ein Eingangswert zugeführt wird, der aus einer
- 15 Ueberlagerung eines durch Verknüpfung älterer Werte erzeugten Rückkopplungswertes mit dem aktuellen Wert der externen Folge gewonnen wurde. Es hat sich jedoch gezeigt, dass sich dieses Verfahren nicht ohne weiteres auf andere Folgen wie z.B. Gold-Folgen anwenden lässt. Ausserdem
- 20 versagen die bisher bekannt gewordenen Ausführungen des Verfahrens bei grossen negativen Rauschabständen, wie sie vor allem für GPS-Signale typisch sind.

Darstellung der Erfindung

- Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein
- 25 gattungsgemässes Verfahren anzugeben, das mit verhältnismässig geringem schaltungstechnischem Aufwand und geringem Energieverbrauch eine rasche und zuverlässige Identifikation der Grundfolge und Feststellung der Phasenlage des externen Signals gestattet. Diese Aufgabe
- 30 wird durch die Merkmale im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 gelöst.

Ausserdem soll eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Synchronisationsschaltung angegeben werden sowie ein geeigneter Empfänger. Diese Aufgaben werden durch die Merkmale im Kennzeichen des Anspruchs 17 bzw. 20 gelöst.

5 **Kurze Beschreibung der Zeichnungen**

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Figuren, welche lediglich ein Ausführungsbeispiel darstellen, näher erläutert. Es zeigen

- | | | |
|----|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 | Fig. 1 | im wesentlichen ein Hochfrequenzteil
eines erfindungsgemässen Empfängers, |
| | Fig. 2 | ein Basisbandteil des besagten
Empfängers, |
| | Fig. 3 | eine Komponente des Basisbandteils, |
| 15 | Fig. 4 | eine erfindungsgemässe Synchronisations-
schaltung, |
| | Fig. 5 | den Graphen einer im erfindungsgemässen
Verfahren verwendeten
Rückkopplungsfunktion, |
| 20 | Fig. 6 | einen Ausschnitt aus einer Gold-Folge,
wie sie im Signal eines GPS-Satelliten
codiert ist, |
| | Fig. 7 | vergrössert einen Ausschnitt aus der
Gold-Folge von Fig. 6, |

- Fig. 8 einen dem Ausschnitt von Fig. 6
entsprechenden Ausschnitt des Signals am
Ende des Hochfrequenzteils,
- Fig. 9, 10 dem Ausschnitt von Fig. 6 entsprechende
Ausschnitte des Signals an bestimmten
Punkten des Basisbandteils,
- Fig. 11a-c, 12a-c dem Ausschnitt von Fig. 6 entsprechende
Ausschnitte des Signals an weiteren
Punkten des Basisbandteils und
- 10 Fig. 13 die Entwicklung der Leistung eines
Rückkopplungssignals im Basisbandteil
während einer Synchronisation.

Wege zur Ausführung der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren sowie die Synchronisations-
15 schaltung zu ihrer Ausführung und der Empfänger werden im
folgenden am Beispiel eines GPS-Empfängers dargestellt.
Verfahren, Synchronisationsschaltung und Empfänger eignen
sich jedoch für alle Anwendungen, bei denen Daten CDMA-
codiert übertragen werden und die benutzte Grundfolge von
20 binären Werten die Eigenschaft hat, dass sie durch
Verknüpfung zweier erzeugender Binärfolgen herstellbar ist,
von denen mindestens die eine eine m-Folge ist oder doch die
Eigenschaft hat, dass sie durch ein binäres rückgekoppeltes
Schieberegister erzeugbar ist und die Phasenlage von
25 Abschnitten der Länge des Schieberegisters in der Grundfolge
eindeutig bestimmbar ist. Neben Gold-Folgen erfüllen Kasami-
Folgen und andere, wie sie der Literatur entnehmbar sind,
diese Bedingung. Für weitere Beispiele s. z.B. J. D. Olsen:
Nonlinear binary sequences with asymptotically optimum

periodic cross-correlation (Dissertation University of California 1977). Auch die nachfolgend beschriebenen Vorrichtungen sind, allenfalls mit unbedeutenden Anpassungen, in einem über das GPS-System weit
 5 hinausgehenden Einsatzbereich verwendbar.

Beim GPS-System kommen, wie erwähnt, Gold-Folgen zum Einsatz. Sie können durch binäre Verknüpfung zweier sogenannter bevorzugter Paare von m-Folgen hergestellt werden. Jede m-Folge kann durch ein binäres rückgekoppeltes
 10 Schieberegister der Länge n erzeugt werden und hat u.a. die Eigenschaft, dass mit einer Ausnahme jede Folge einer Länge n - im vorliegenden Fall ist $n=10$ - genau ein Mal in der m-Folge der Länge $N=2^n-1$ - hier 1'023 - vorkommt, d.h. die Position eines solchen Abschnitts in der m-Folge eindeutig
 15 bestimmbar ist.

Für die binären Grössen und ihre Verknüpfung sind verschiedene Darstellungen möglich. Am geläufigsten ist die Darstellung durch 0 und 1 mit der Addition modulo 2 (auch Exklusiv-Oder-Verknüpfung) $(b_1, b_2) \rightarrow b_1 \oplus b_2$ als sowohl
 20 assoziativer als auch kommutativer Verknüpfung, gemäss der folgenden Tabelle:

$b_2 \backslash b_1$	0	1
0	0	1
1	1	0

Die Verknüpfung eines Elements mit dem Nullelement 0 lässt das erstere unverändert, während die Verknüpfung mit 1
 25 jeweils 0 in 1 und 1 in 0 überführt. Da stets $b \oplus b = 0$ ist, hat die Verknüpfung auch die Eigenschaft, dass

$$(1) \quad (b_1 \oplus b_2) \oplus b_2 = b_1 \oplus 0 = b_1$$

gilt, d.h. die Verknüpfung des Resultates der Verknüpfung zweier Ausgangselemente mit einem der Ausgangselemente ergibt das andere Ausgangselement.

5 Durch die Transformation

$$(2) \quad b \rightarrow p = 2b - 1$$

gelangt man zu folgender Darstellung, die äquivalent, aber leichter implementierbar ist und mit der im Ausführungsbeispiel gearbeitet wird:

$p_2 \backslash p_1$	-1	1
-1	-1	1
1	1	-1

10

Hier wird die Verknüpfung durch die Abbildung

$$(3) \quad (p_1, p_2) \rightarrow p_1 \otimes p_2 = -p_1 \cdot p_2$$

hergestellt. -1 ist das Nullelement. Die Verknüpfung lässt sich offensichtlich ohne weiteres auf beliebige reelle

15 Zahlen, d.h. analoge Werte ausdehnen.

Jede m-Folge p_1, \dots, p_N mit $N=2^n-1$ kann hergestellt werden, indem, ausgehend von einer Ausgangsfolge p_1, \dots, p_n der Länge n , welche nicht ausschliesslich aus Nullelementen besteht, rekursiv weitere Werte gebildet werden nach dem Muster:

20
$$(4) \quad p_i = p_{i-n} \otimes p_{i-2n} \otimes \dots \otimes p_{i-r1},$$

wobei $0 < r_1 < \dots < r_m < n$ gilt und das Polynom $x^n + x^{r_m} + \dots + x^{r_1} + 1$ bezüglich der oben definierten Arithmetik prim ist. Z.B. kann jeweils

$$(5) \quad p_i = p_{i-10} \otimes p_{i-3}$$

5 gelten. Da alle N möglichen Abschnitte der Länge n ausser dem nur aus Nullelementen bestehenden durchlaufen werden, bevor die Ausgangsfolge wiederkehrt, kommt es auf die Wahl der letzteren nicht weiter an.

Zur Bildung einer Gold-Folge s_1, \dots, s_N werden zwei m -Folgen
 10 p_1, \dots, p_N und q_1, \dots, q_N , die ein sogenanntes bevorzugtes Paar von m -Folgen bilden, als erzeugende Folgen für die Gold-Folge herangezogen, d.h. die Gold-Folge wird aus diesen Folgen durch gliedweise Verknüpfung hergestellt:

$$(6) \quad s_i = p_i \otimes q_i$$

15 Kasami-Folgen werden ebenfalls durch gliedweise Verknüpfung aus zwei erzeugenden Folgen hergestellt, von denen die eine eine m -Folge ist. Für die Eigenschaften von m -Folgen, Gold-Folgen, Kasami-Folgen usw. wird auf die Literatur verwiesen, z.B. E. H. Dinan, B. Jabbari: Spreading Codes for Direct
 20 Sequence CDMA and Wideband CDMA Cellular Networks, IEEE Communications Magazine 9/1998, S. 48-54.

Der in Fig. 1-4 dargestellte erfindungsgemäss ausgebildete GPS-Empfänger weist einen Hochfrequenzteil (Fig. 1) auf mit einer Antenne 1 zum Empfang der von den GPS-Satelliten
 25 ausgesandten Signale, auf welche ein rauscharmer selbstregulierender Verstärker 2 und ein Bandpassfilter 3 folgen. Darauf folgen eine erste Mischerstufe mit einem Mischer 4, der das verstärkte und gefilterte empfangene

Signal mit einem von einem Oszillator 5 erzeugten Sinussignal von 1'391,82 MHz mischt und einem Bandpassfilter 6 sowie eine grundsätzlich gleich aufgebaute zweite Mischerstufe mit einem Mischer 7, der das Signal mit einem von einem Oszillator 8 erzeugten Sinussignal der Frequenz 180.6 MHz mischt und einem Bandpassfilter 9. Auf die beiden Mischerstufen folgt schliesslich ein A/D-Wandler 10.

Im Basisbandteil (Fig. 2) verzweigt sich der Signalpfad in einen I- und einen Q-Pfad mit jeweils einer weiteren Mischstufe. Im I-Pfad liegt ein Mischer 11, in welchem das Signal mit einem von einem Oszillator 12 erzeugten Sinussignal von ca. 3 MHz gemischt wird, während in der zweiten ein weiterer, im übrigen gleicher Mischer 13 liegt, in welchem das gleiche Signal mit dem durch einen Phasenschieber 14 um 90° phasenverschobenen Sinussignal des Oszillators 12 gemischt wird. Auf den Mischer 11 folgt ein Tiefpassfilter 15, hinter dem sich der Pfad wiederum verzweigt, und zwar zu Abtastgliedern 16, 17, zum ersten direkt und zum zweiten über ein Verzögerungsglied 18, das das Signal um ein ΔT von ca. $0,5\mu s$ verzögert. An den Mischer 13 schliesst eine genau gleich aufgebaute Schaltung an. Auf das Abtastglied 16 folgen ein Puffer 19 und eine weitere Verzweigung. Der eine Pfad führt direkt zu einem Ausgang, der andere über einen Invertierer 20. An das Abtastglied 17 schliesst eine genau gleich aufgebaute Schaltung an. Insgesamt weist das Basisbandteil acht Ausgänge auf, von denen jeder mit dem Eingang einer Reihe von eigenen Synchronisationsschaltungen verbunden ist, deren jede einem bestimmten Satelliten zugeordnet ist und auf die von ihm verwendete Grundfolge synchronisiert.

Der Puffer 19 umfasst (Fig. 3) einen Addierer 21 und ein Schieberegister 22 mit 1'023 Speicherplätzen für analoge

Werte. Der Ausgang des Schieberegisters 22 ist auf den zweiten Eingang des Addierers 21 zurückgeführt. Jede Synchronisationsschaltung (Fig. 4) umfasst ein auf den Eingang folgendes Verknüpfungsglied 23, auf welches ein Addierer 24 folgt und weiter ein analoges rückgekoppeltes Schieberegister 25 mit zehn Speicherplätzen. Eine Rückkopplungsschaltung 26 ist mit Abgriffen am zehnten Speicherplatz und einem weiteren oder auch mehreren weiteren Speicherplätzen verbunden. Im Beispiel ist, (5)

entsprechend, lediglich ein weiterer Abgriff, am dritten Speicherplatz, vorhanden. In der Rückkopplungsschaltung 26 werden die abgegriffenen analogen Werte gemäss einer Rückkopplungsfunktion verknüpft. Der Graph einer möglichen Rückkopplungsfunktion mit zwei Argumenten $f(x_1, x_2)$ ist in Fig. 5 dargestellt. Der Ausgang der Rückkopplungsschaltung 26 ist über einen Skalierer 27 mit dem zweiten Eingang des Addierers 24 verbunden. Der Addierer 24 bildet so eine Ueberlagerungsschaltung zur Ueberlagerung eines Rückkopplungswertes mit einem vom Verknüpfungsglied 23 kommenden Zwischenwerts.

Der Ausgang des Skalierers 27 ist ausserdem mit einem Diskriminator 28 verbunden, der einen Quadrierer oder eine andere das Eingangssignal in den positiven Bereich abbildende Schaltung, einen Tiefpassfilter und einen Schwellwertdetektor enthält und ein binäres Signal abgibt. Der Diskriminator kann auch an irgendeiner anderen Stelle der vom Schieberegister 25, der Rückkopplungsschaltung 26, dem Skalierer 27 und dem Addierer 24 gebildeten Schleife angeschlossen sein. Weiter ist ein Schieberegister 29 vorgesehen, dem ein von allen im Schieberegisters 25 gespeicherten Werten abgeleiteter Bestimmungssatz binärer Werte zugeleitet wird und dessen Ausgang mit dem zweiten Eingang der Verknüpfungsschaltung 23 verbunden ist.

In Fig. 6 ist ein 100µs dauernder Ausschnitt aus der Grundfolge des GPS-Satelliten mit der Nummer 1 dargestellt. Diese Grundfolge ist eine Gold-Folge, die aus einer ersten erzeugenden m-Folge $p_1, \dots, p_{1'023}$, die durch die Rückkopplung
5 gemäss (5) definiert ist und einer zweiten erzeugenden m-Folge $q_1, \dots, q_{1'023}$ erzeugbar ist. Fig. 7 zeigt die ersten 10µs des Ausschnitts von Fig. 6. Die Grundfolge wird im Satelliten in einem Trägersignal mit einer Frequenz von 1'575,42 MHz codiert, derart, dass jeder Wechsel des binären
10 Wertes in derselben durch einen Phasensprung um 180° im Trägersignal repräsentiert wird.

Von den von der Antenne 1 aufgefangenen, vom Verstärker 2 verstärkten Signalen gelangen durch den Bandpassfilter 3 im wesentlichen die von den im Empfangsbereich befindlichen
15 GPS-Satelliten stammenden Signale in die anschliessenden Mischerstufen, wo die Trägerfrequenz auf eine Zwischenfrequenz von 3 MHz heruntertransformiert wird. Das so vorbereitete Signal, das dem in Fig. 7 gezeigten Ausschnitt entspricht, ist in Fig. 8 dargestellt. Das Signal
20 wird im A/D-Wandler 10 mit einer bestimmten Bitbreite, z.B. 12 Bit für den Betrag und einem zusätzlichen Bit für das Vorzeichen digitalisiert. Die Werte können dabei als Gleitkommazahlen oder als ganze Zahlen dargestellt werden. Sie werden jedoch im weiteren zur Unterscheidung von binären
25 Werten als analoge Werte bezeichnet. In den Figuren sind unverrauschte Signale dargestellt, während tatsächlich die in der Antenne sehr schwachen Signale stark verrauscht sind mit einem typischen Signal-Rausch-Abstand von ca. -35dB.

In den Mischern 11 und 12 werden nun durch Mischung mit
30 Sinussignalen von ca. 3 MHz die in Fig. 9 und 10 dargestellten Signale erzeugt. Das erste stammt aus dem I-Pfad, d.h. einer Mischung des Signals mit dem vom Oszillator

12 erzeugten Sinussignal im Mischer 11 und das zweite aus dem Q-Pfad, d.h. von einer Mischung mit dem um 90° phasenverschobenen Sinussignal im Mischer 13. Das Ergebnis ist eine Ueberlagerung des die Grundfolge codierenden Signals mit einem Sinussignal, dessen Frequenz der Summe der Frequenzen, also ca. 6 MHz entspricht. Die Verdoppelung der Pfade ist erforderlich, weil im I-Pfad bei einer Phasenverschiebung des Sinussignals gegenüber dem vom A/D-Wandler 10 stammenden Signal um $\pm 90^\circ$ der die Grundfolge codierende Anteil desselben ausgelöscht würde. Im vorliegenden Fall ist, da die Phasenverschiebung lediglich 30° beträgt, der entsprechende Anteil im I-Pfad deutlicher ausgeprägt.

Die Frequenz des Oszillators 12 ist steuerbar. Da je nach dem momentanen Bewegungszustand eines Satelliten die Trägerfrequenz jeweils um einige kHz Doppler-verschoben sein kann, muss ein entsprechender Frequenzbereich z.B. schrittweise überstrichen werden. Zu diesem Zweck kann dann die Frequenz des Oszillators 12 gezielt variiert werden.

Das Signal wird nun im I- wie im Q-Pfad jeweils über einen Tiefpassfilter 15, der die hochfrequenten Anteile ausfiltert, direkt dem Abtastglied 16 zugeleitet und über das Verzögerungsglied 18 dem Abtastglied 17. Durch die Verzögerung des Signals um ein ΔT von ca. $0,5\mu s$, was einer halben Chiplänge entspricht, im Verzögerungsglied 18 wird sichergestellt, dass mindestens eine Abtastung bei wohldefiniertem Signal erfolgt. In Fig. 11a ist das Signal des I-Pfads nach dem Tiefpassfilter 15, also vor der Abtastung dargestellt, in Fig. 11b die Folge der analogen Werte, die das Abtastglied 16 daraus erzeugt und in Fig. 11c die analogen Werte am Ausgang des Abtastglieds 17. In Fig. 12a-c sind die entsprechenden Signale des Q-Pfads

dargestellt. Offensichtlich spiegelt im Beispiel das Ausgangssignal des Abtastglieds 16 die ursprüngliche Folge von Fig. 7 am deutlichsten wider. Zur Erleichterung des Verständnisses ist jeweils nur ein Ausschnitt des vom
5 Satelliten Nr. 1 gesendeten Signals in den verschiedenen Stufen der Verarbeitung dargestellt. Tatsächlich wird jedoch in diesem Bereich des Empfängers jeweils eine Ueberlagerung aller empfangenen Signale verarbeitet.

Die entsprechenden analogen Werte gelangen nun in den Puffer
10 19. Dort werden mehrere, z.B. zwanzig Exemplare hintereinander ermittelter Folgen von jeweils 1'023 Werten, die jeweils einer verrauschten Grundfolge entsprechen, welche ja zur Uebermittlung eines Datenbits jeweils zwanzig Mal hintereinander gesendet werden, überlagert, d.h. es
15 werden in den Speicherplätzen des Schieberegisters 22 die 1'023 den Chips der Grundfolgen entsprechenden analogen Werte des ersten Exemplars abgelegt und dann sequentiell an den Addierer 21 zurückgeliefert und die entsprechenden Werte des zweiten Exemplars dazuaddiert und der ursprüngliche Wert
20 mit dem Resultat überschrieben. Dies wird so lange wiederholt, bis die Summe der zwanzig Exemplare im Schieberegister 22 abgelegt ist.

Da sich bei der Summation das Rauschen lediglich unkorreliert überlagert, kann dadurch eine wesentliche
25 Verbesserung des Rauschabstands erzielt werden. Falls allerdings während der Summation das Datenbit wechselt und die entsprechende Grundfolge invertiert wird, kann die Summation auch zur teilweisen Auslöschung führen. In diesem Fall wird jedoch innerhalb einer bestimmten Zeitspanne
30 bezüglich dieser Grundfolge keine Synchronisation zu Stande kommen, was dann zu einem Abbruch und einer Füllung des

Schieberegisters 22 mit neuen Daten führt, wie weiter unten noch erläutert werden wird.

Die im Puffer 19 gespeicherte Basisfolge wird nun zur Erzeugung einer externen Folge wiederholt ausgelesen und
5 jeweils an die Eingänge von zwei Synchronisationsschaltungen (Fig. 4) geleitet, und zwar an den einen direkt und an den anderen, da die Grundfolge durch Verknüpfung mit dem Datenbit invertiert sein kann, über einen Invertierer 20.

Die verschiedenen in den vier Puffern 19 gespeicherten
10 Basisfolgen von aus dem empfangenen Signal abgeleiteten analogen Werten $a_1, \dots, a_{1 \cdot 023}$ werden nun, jeweils direkt und invertiert, als externe Folge wiederholt den nachgeschalteten acht Exemplaren der Synchronisations-schaltung gemäss Fig. 4, welche auf die Grundfolge des
15 Satelliten Nr. 1 synchronisieren, zugeleitet. Ein Exemplar, welches eine günstige Folge erhält, d.h. eine, welche einen der codierten Grundfolge $s_1, \dots, s_{1 \cdot 023}$ möglichst ähnlichen Anteil enthält, sollte nun daraus eine der Grundfolge $s_1, \dots, s_{1 \cdot 023}$ des Satelliten Nr. 1 entsprechende interne Folge
20 erzeugen, die zudem hinsichtlich der Phasenlage mit der externen Folge übereinstimmen soll. Für m-Folgen ist dies mit einer Synchronisationsschaltung, in der ein Wert, der durch Rückkopplung aus dem Schieberegister abgeleitet wurde, mit der externen Folge überlagert und das Resultat wieder
25 dem Schieberegister zugeleitet wird, grundsätzlich in zufriedenstellender Weise möglich, nicht jedoch für Gold-Folgen.

In der erfindungsgemässen Synchronisationsschaltung wird daher zuerst durch gliedweise Verknüpfung mit einer weiteren
30 Folge ein Zwischensignal erzeugt, aus welchem dann das Eingangssignal für das Schieberegister 25 gewonnen wird. Im

synchronisierten Zustand, in dem die erzeugte interne Folge von analogen Werten bis auf einen Rauschanteil im wesentlichen der externen Folge entspricht, funktioniert die Synchronisationsschaltung wie folgt:

- 5 Die externe Folge entspricht Wiederholungen der Basisfolge, welche die verrauschte Grundfolge $s_1, \dots, s_{1'023}$ enthält, wobei dieselbe gemäss (6) durch gliedweise Verknüpfung der ersten erzeugenden m-Folge $p_1, \dots, p_{1'023}$ und der zweiten erzeugenden m-Folge $q_1, \dots, q_{1'023}$ erzeugt wird. Das Schieberegister 25
10 erzeugt im synchronisierten Zustand die erste erzeugende m-Folge. Der Inhalt des Schieberegisters 25, a_{i-10}, \dots, a_{i-1} entspricht also einem Abschnitt dieser m-Folge, also p_{i-10}, \dots, p_{i-1} für irgend ein i mit $1 \leq i \leq 1'023$. Da es sich um eine m-Folge handelt, ist dieses i eindeutig bestimmbar und
15 damit auch der entsprechende Wert q_i der zweiten erzeugenden Folge. Dieser Wert wird aus dem Speicher 29, der als Tabelle mit $1'023$ Speicherplätzen strukturiert ist, ausgelesen, wobei die Vorzeichen-Bits der Werte p_{i-10}, \dots, p_{i-1} als Bestimmungssatz benützt werden, der dann als Adresse des
20 Tabellenplatzes von q_i dient.

- Das nächste Glied der externen Folge, das, von einem Rauschanteil abgesehen, im wesentlichen s_i entspricht, wird im Verknüpfungsglied 23 mit q_i verknüpft, was gemäss (6) in Verbindung mit (1) im wesentlichen p_i als Zwischenwert
25 ergibt. Dieser Wert wird im Addierer 24 zum im Skalierer 27 skalierten Rückkopplungswert aus der Rückkopplungsschaltung 26 addiert. Dieser letztere Wert entspricht aber ebenfalls im wesentlichen p_i , da er ja durch die die erste erzeugende Folge definierende Rückkopplung aus den im wesentlichen
30 p_{i-10}, \dots, p_{i-1} , entsprechenden Werten a_{i-10}, \dots, a_{i-1} , im konkreten Fall durch Verknüpfung von a_{i-10} mit a_{i-3} , erzeugt wurde. Die Ueberlagerung des Rückkopplungswertes mit dem

- Zwischenwert entspricht also a_i und wird als neuer Eingangswert in das Schieberegister 25 eingespeist. Das System ist offensichtlich konsistent. Die im analogen rückgekoppelten Schieberegister 25 erzeugte Folge der a_i entspricht im wesentlichen Wiederholungen der ersten erzeugenden m-Folge $p_1, \dots, p_{1'023}$. Durch gliedweise Verknüpfung mit der zweiten erzeugenden m-Folge $q_1, \dots, q_{1'023}$ kann daraus eine Wiederholungen der Grundfolge $s_1, \dots, s_{1'023}$ entsprechende interne Folge erzeugt werden.
- 10 Für die Stabilität und das Synchronisationsverhalten bei den in GPS-Empfängern herrschenden grossen negativen Rauschabständen ist die Wahl einer geeigneten Rückkopplungsfunktion f von beträchtlicher Bedeutung. Mit den bisher bekannten Funktionen konnte bei stark
- 15 verrauschten Folgen keine Synchronisation erzielt werden. Bei der Suche nach geeigneteren Rückkopplungsfunktionen haben sich verschiedene Merkmale als günstig herausgestellt. So sollte sie bei der gewählten Darstellung der binären Werte - bei anderen Darstellungen müssen die Eigenschaften
- 20 z.T. entsprechend transformiert werden - möglichst folgende Eigenschaften haben:

- Wenn die Beträge der Argumente 1 sind, sollte der Betrag des Rückkopplungswertes etwas kleiner als 1 sein, vorzugsweise zwischen 0,90 und 0,99. Es ist günstig, wenn die
- 25 Rückkopplungsfunktion bei Argumenten des Betrages 1 einen Wert vom Betrag 1 liefert, d.h.

$$(7) \quad |f(x_1, \dots, x_m)| = 1 \text{ für } |x_1| = \dots = |x_m| = 1,$$

- gilt und der Funktionswert dann mit einem wählbaren Faktor $k < 1$, insbesondere $0,90 < k < 0,99$ multipliziert wird. Diese
- 30 Multiplikation wird durch den einstellbaren Skalierer 27

ausgeföhrt, welcher der die Rückkopplungsfunktion
auswertenden Rückkopplungsschaltung 26 nachgeschaltet ist.

Das Vorzeichen der Rückkopplungsfunktion sollte jeweils dem
Negativen des Produkts der negativen Argumente entsprechen,
5 also

$$(8) \quad \text{sig}(f(x_1, \dots, x_m)) = -\text{sig}((-x_1) \cdot \dots \cdot (-x_m)).$$

Falls x_1, \dots, x_m jeweils den Betrag 1 haben, also auch als
binäre Grössen angesehen werden können, führen die genannten
beiden Eigenschaften dazu, dass $f(x_1, \dots, x_m)$ der Verknüpfung
10 $x_1 \otimes \dots \otimes x_m$ entspricht.

Weiter ist es von Vorteil, wenn die Rückkopplungsfunktion f
invariant unter Vertauschung der Argumente ist. Als Funktion
jedes einzelnen Arguments, also bei Konstanthaltung der
übrigen, sollte sie antisymmetrisch und monoton sein.

15 Als besonders günstig hat es sich erwiesen, wenn die
Rückkopplungsfunktion in jedem Sektor, der durch bestimmte
Werte der Vorzeichen der Argumente definiert ist, im
wesentlichen eine Linearkombination der Argumente ist. Die
sich daraus ergebenden Unstetigkeiten an den Sektorgrenzen
20 können verstetigt oder geglättet werden, doch hat es sich
gezeigt, dass Abweichungen das Verhalten eher verschlechtern
und daher nicht gross sein sollten. Eine
Rückkopplungsfunktion f , die alle die obengenannten
Eigenschaften hat und mit der selbst bei stark verrauschten
25 Signalen Synchronisation erzielt werden konnte, ist

$$(9) \quad f(x_1, \dots, x_m) = -\text{sig}((-x_1) \cdot \dots \cdot (-x_m)) \cdot (|x_1| + \dots + |x_m|) / m$$

Diese Funktion ist, bis auf eine Skalierung, die sicherstellt, dass (7) erfüllt ist, in jedem Sektor eine Linearkombination der Argumente mit Koeffizienten von +1 oder -1.

5 Für zwei Variable, d.h.

$$(10) f(x_1, x_2) = -\text{sig}(x_1 \cdot x_2) \cdot (|x_1| + |x_2|) / 2,$$

ist sie in Fig. 5 dargestellt, wobei lediglich die Uebergänge an den Sektorgrenzen durch lineare Interpolation verstetigt wurden.

10 Da die Synchronisationsschaltung mit gespeicherten Daten arbeitet, ist ihre Arbeitsgeschwindigkeit von der Chip-Rate des empfangenen Signals unabhängig und kann wesentlich höher sein. Als Kriterium für eine erfolgreiche Synchronisation dient die Leistung der erzeugten internen Folge, welche am
15 Ausgang des Skalierers 27 abgenommen wird. Während vor einer Synchronisation die Glieder der internen Folge etwa den gleichen Wert haben wie die der externen Folge, wird die letztere bei erfolgter Synchronisation mit einem Faktor $1/(1-k)$, der also gewöhnlich zwischen 10 und 100 liegt,
20 verstärkt. Die Leistung der internen Folge $(a_i)_{i=1, \dots, 1'023}$ steigt demgemäss stark an, wie in Fig. 13 dargestellt. Dieser Anstieg wird vom Diskriminator 28, in dem die Leistung durch Quadrieren ermittelt und Filterung durch einen Tiefpassfilter geglättet und über einen längeren
25 Zeitabschnitt gemittelt und schliesslich das Resultat mit einem Schwellwert verglichen wird, registriert. Er gibt ein entsprechendes binäres Signal ab, das die erfolgte Synchronisation anzeigt.

Tritt nach einer bestimmten Zeit keine Synchronisation ein, so hat es meist keinen Sinn, das Verfahren mit den gleichen Daten fortzusetzen. Das Ausbleiben der Synchronisation kann zufällig sein, z.B. an einer besonders ungünstigen Form des Rauschanteils liegen, an einer ungünstigen Phasenlage des empfangenen Signals oder auch an einem ungünstigen Abtastzeitpunkt vor einem Datenbitwechsel, der dazu führt, dass in den Puffern 19 (Fig. 2) Exemplare von Folgen addiert werden, in welchen der die gesuchte Grundfolge enthaltende Anteil mit unterschiedlichen Vorzeichen auftritt, was zu einer gravierenden Schwächung des besagten Anteils gegenüber dem Rauschanteil führen kann. In solchen Fällen ist es sinnvoll, die Puffer 19 mit neuen Basisfolgen zu füllen und mit ihnen den Synchronisationsprozess neu zu beginnen.

Im Rahmen des GPS-Systems stehen jeweils bis zu 32 Satelliten im Einsatz, deren Grundfolgen sich unterscheiden. Da mit den Signalen aller jeweils im Empfangsbereich liegenden Satelliten gearbeitet werden sollte, soll der Empfänger jeweils allen im Einsatz stehenden Satelliten entsprechende Typen von Synchronisationsschaltungen enthalten, wobei jeder Typus auf die Grundfolge eines der Satelliten synchronisiert. Die Typen unterscheiden sich jeweils entweder durch den Inhalt des Speichers, welcher die zweite erzeugende m-Folge $q_1, \dots, q_{1 \cdot 023}$ bestimmt. Die Verzweigung zu den verschiedenen Typen kann statt am Ende des Basisbandteils, wo an jedem Ausgang 32 verschiedene Synchronisationsschaltungen angeschlossen sein können, auch weiter vorne im Signalpfad liegen, z.B. am Ende des Hochfrequenzteils. Dies hat den Vorteil, dass etwa die Frequenz des Oszillators 12 unter Ausnutzung weiterer Informationen gezielter auf die Bahn des jeweiligen Satelliten eingestellt werden kann. Andererseits ist

natürlich eine Vervielfachung des ganzen Basisbandteils erforderlich.

Das geschilderte Ausführungsbeispiel kann natürlich auf viele Arten abgewandelt werden. So können etwa andere als
5 die erwähnten Zwischenfrequenzen gewählt werden oder die Zwischenstufen ganz oder zum Teil entfallen. Für die Implementierung der Synchronisationsschaltung und des Empfängers stehen auch verschiedene Möglichkeiten offen, insbesondere können unterschiedliche Grade der Integration
10 gewählt werden. Die Schieberegister können z.B. jeweils von einem entsprechenden Speicher mit linearer Adressierung und einem Schreib- und einem Lesezeiger gebildet werden.

Bezugszeichenliste

	1	Antenne
15	2	Verstärker
	3	Bandpassfilter
	4	Mischer
	5	Oszillator
	6	Bandpassfilter
20	7	Mischer
	8	Oszillator
	9	Bandpassfilter
	10	A/D-Wandler
	11	Mischer
25	12	Oszillator
	13	Mischer
	14	Phasenschieber
	15	Tiefpassfilter
	16	Abtastglied
30	17	Abtastglied
	18	Verzögerungsglied

	19	Puffer
	20	Invertierer
	21	Addierer
	22	Schieberegister
5	23	Verknüpfungsglied
	24	Addierer
	25	Schieberegister
	26	Rückkopplungsschaltung
	27	Skalierer
10	28	Diskriminator
	29	Speicher

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zur Erzeugung einer internen Folge von analogen Werten mit einer bestimmten Periode, welche einer in einem empfangenen Signal codierten externen Folge entspricht und mit ihr synchron ist, wobei die externe Folge Wiederholungen einer Grundfolge (s_1, \dots, s_N) der Länge N umfasst, welche im wesentlichen einer Folge von binären Werten entspricht, die durch Verknüpfung einer ersten erzeugenden Binärfolge (p_1, \dots, p_N) der Länge N mit einer nicht konstanten zweiten erzeugenden Binärfolge (q_1, \dots, q_N) der Länge N herstellbar ist und wobei die erste erzeugende Binärfolge (p_1, \dots, p_N) durch ein binäres rückgekoppeltes Schieberegister der Länge n , in welchem ein nächster Wert (p_i) jeweils durch binäre Verknüpfung des ältesten Wertes (p_{i-n}) mit mindestens einem der auf diesen folgenden Werte ($p_{i-n+1}, \dots, p_{i-1}$) gemäss einem festen Rückkopplungsmuster hergestellt wird, erzeugbar ist und in der kein Abschnitt der Länge n öfter als ein Mal auftritt, so dass gegebenenfalls die Position eines derartigen Abschnitts innerhalb der Grundfolge (s_1, \dots, s_N) eindeutig bestimmt ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Eingang eines analogen rückgekoppelten Schieberegisters der Länge n mit einem demjenigen des besagten binären rückgekoppelten Schieberegisters entsprechenden Rückkopplungsmuster jeweils ein neuer Eingangswert (a_i) zugeführt wird, welcher durch Ueberlagerung eines aus den Werten (a_{i-n}, \dots, a_{i-1}) im analogen rückgekoppelten Schieberegister gemäss einer Rückkopplungsfunktion abgeleiteten analogen Rückkopplungswerts mit einem Zwischenwert hergestellt wird, der gegebenenfalls durch Verknüpfung des aktuellen Wertes der externen Folge mit

- 5 einem aktuellen Wert (q_i) der zweiten erzeugenden Folge (q_1, \dots, q_N) hergestellt wurde, dessen Position (i) in derselben auf die Position eines Abschnitts in der ersten erzeugenden Folge (p_1, \dots, p_N) folgt, welcher aus einem Bestimmungssatz von n binären Werten besteht, die aus den analogen Werten (a_{i-n}, \dots, a_{i-1}) im analogen rückgekoppelten Schieberegister abgeleitet wurden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste erzeugende Folge (p_1, \dots, p_N) eine m -Folge der Länge $N=2^n-1$ ist, derart, dass jeder Satz von n binären Werten ausser einem genau ein Mal als Abschnitt der Länge n in derselben vorkommt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei der Grundfolge um eine Gold-Folge handelt.
- 15 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der aktuelle Wert (q_i) der zweiten erzeugenden Binärfolge (q_1, \dots, q_N) jeweils mit dem Bestimmungssatz als Adresse aus einer Tabelle ausgelesen wird.
- 20 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die binären Folgen jeweils aus den Werten $+1$ und -1 bestehen und die Verknüpfung bis auf einen allfälligen Vorzeichenwechsel die Multiplikation ist.
- 25 6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Betrag der Rückkopplungsfunktion 1 ist, wenn die Beträge der Argumente jeweils 1 sind.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Vorzeichen der Rückkopplungsfunktion stets dem Vorzeichen der Verknüpfung der Argumente entspricht.
- 5 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rückkopplungsfunktion invariant unter Vertauschung der Argumente ist.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rückkopplungsfunktion als
10 Funktion eines jeden Argumentes antisymmetrisch und monoton ist.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rückkopplungsfunktion im
wesentlichen innerhalb eines jeden durch bestimmte
15 Werte der Vorzeichen der Argumente gekennzeichneten Sektors im wesentlichen eine Linearkombination der Argumente ist.
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Betrag der Rückkopplungsfunktion im
20 wesentlichen dem Mittelwert der Beträge der Argumente entspricht.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rückkopplungswert durch
Multiplikation des Wertes der Rückkopplungsfunktion mit
25 einem Faktor $k < 1$, der vorzugsweise zwischen 0,90 und 0,99 liegt, hergestellt wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Bestimmungssatz aus den

binären Werten besteht, welche jeweils das gleiche Vorzeichen haben wie der entsprechende analoge Wert ($a_{i-n}; \dots; a_{i-1}$) im Schieberegister.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die externe Folge mehrere zeitlich unmittelbar aufeinanderfolgende Kopien einer aus dem empfangenen Signal abgeleiteten Basisfolge umfasst, deren Länge der Länge N der Grundfolge entspricht.
15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Basisfolge erzeugt wird, indem die Werte mehrerer in zeitlicher Aufeinanderfolge vom empfangenen Signal abgeleiteter Folgen der Länge N aufaddiert werden.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein erfolgte Synchronisation anzeigendes binäres Ausgangssignal erzeugt wird, wenn die Beträge der Werte (a_i) der internen Folge einen Schwellwert überschreiten.
17. Synchronisationsschaltung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 16, mit einem Eingang zur Aufnahme einer von einem empfangenen Signal abgeleiteten externen Folge von analogen Werten und einem analogen rückgekoppelten Schieberegister (25), einer nach einem bestimmten Rückkopplungsmuster mit Abgriffen desselben verbundenen Rückkopplungsschaltung (26) zur Auswertung einer Rückkopplungsfunktion für die Bestimmung eines Rückkopplungswertes und einer Ueberlagerungsschaltung zur Ueberlagerung des Rückkopplungswertes mit einem Zwischenwert, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie ausserdem einen Speicher (29)

- umfasst, aus dem jeweils gemäss einer Tabelle mit einer von den im analogen rückgekoppelten Schieberegister (25) gespeicherten Werten abgeleiteten Bestimmungssatz als Adresse ein Wert auslesbar ist, sowie ein
- 5 Verknüpfungsglied (23) zur Herstellung des Zwischenwerts durch Verknüpfung des ausgelesenen Wertes mit dem am Eingang anliegenden Wert.
18. Synchronisationsschaltung nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rückkopplungsschaltung (26)
- 10 ein Skalierer (27) zur Herstellung des Rückkopplungswertes aus ihrem Ausgangswert nachgeschaltet ist und die Ueberlagerungsschaltung als Addierer (24) zur Addition des Rückkopplungswertes zum Zwischenwert ausgebildet ist.
- 15 19. Synchronisationsschaltung nach Anspruch 17 oder 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie einen Diskriminator (28) zur Erzeugung eines erfolgte Synchronisation anzeigenden binären Ausgangssignals umfasst, dessen Eingang mit dem Ausgang der Rückkopplungsschaltung (26)
- 20 verbunden ist und der vorzugsweise einen Quadrierer, einen Tiefpassfilter und einen Schwellwertdetektor umfasst.
20. Empfänger zum Empfang eines Signals, welcher mindestens eine Synchronisationsschaltung nach einem der Ansprüche
- 25 17 bis 19 zur Ableitung einer internen Folge aus dem empfangenen Signal umfasst.
21. Empfänger nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** er mindestens ein Paar von gleichen Synchronisationsschaltungen umfasst, von denen die eine

über einen Invertierer (20) und die andere direkt mit einem gemeinsamen Eingang verbunden sind.

22. Empfänger nach Anspruch 20 oder 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** er mindestens ein Paar von
5 gleichen Synchronisationsschaltungen umfasst, welche jeweils über ein Abtastglied (16; 17) mit einem gemeinsamen Eingang verbunden sind, wobei mindestens einem Abtastglied (17) ein Verzögerungsglied (18) vorgeschaltet ist, welches die abgetasteten Werte
10 jeweils um einen Teil einer Chiplänge verschiebt.
23. Empfänger nach einem der Ansprüche 20 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** er einen Oszillator (12) zur Erzeugung eines ersten sinusförmigen Signals und eines gegenüber demselben um 90° phasenverschobenen zweiten
15 sinusförmigen Signals umfasst sowie mindestens ein Paar von gleichen Synchronisationsschaltungen, jeweils mit einem vorgeschalteten Mischer (11; 13) zur Mischung des empfangenen Signals mit dem ersten sinusförmiges Signal bzw. dem zweiten sinusförmigen Signal.

Z U S A M M E N F A S S U N G

Ein GPS-Empfänger umfasst für jeden Satelliten Synchronisationsschaltungen zur lokalen Erzeugung einer der vom empfangenen Signal abgeleiteten externen Folge
5 entsprechenden und mit ihr synchronisierten internen Folge, welche Schaltungen jeweils ein analoges, über eine Rückkopplungsschaltung (26), einen Skalierer (27) und einen Addierer (24) rückgekoppeltes analoges Schieberegister (25) zur Erzeugung der ersten der die Gold-Folge erzeugenden m-
10 Folge umfassen sowie einen Speicher (29), der die Glieder der zweiten erzeugenden m-Folge enthält, welche mit einem von den im Schieberegister (25) gespeicherten Werten abgeleiteten Bestimmungssatz als Adresse auslesbar sind. In einem Verknüpfungsglied (23) wird der ausgelesene Wert zur
15 Erzeugung eines im wesentlichen dem nächsten Glied der ersten m-Folge entsprechenden Wertes mit dem nächsten Glied der externen Folge verknüpft und das Ergebnis im Addierer (24) mit dem Rückkopplungswert überlagert.

(Fig. 4)

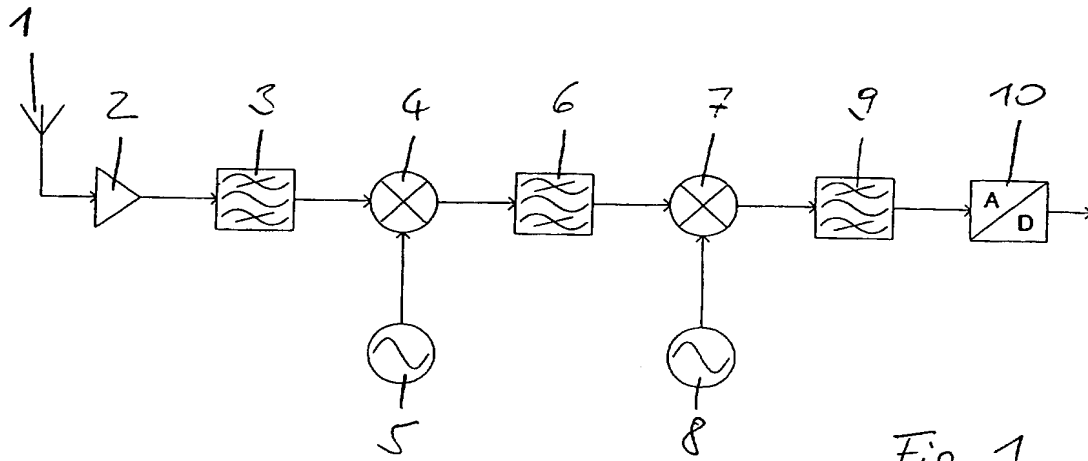


Fig. 1

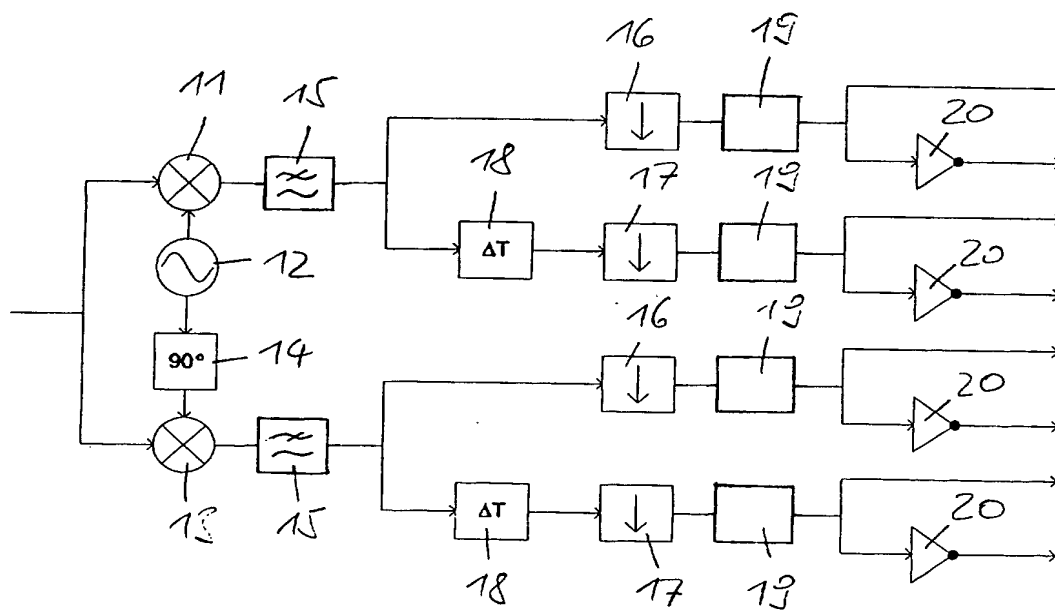


Fig. 2

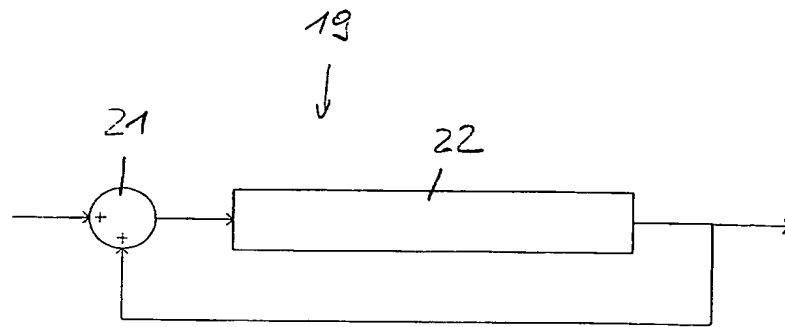


Fig. 3

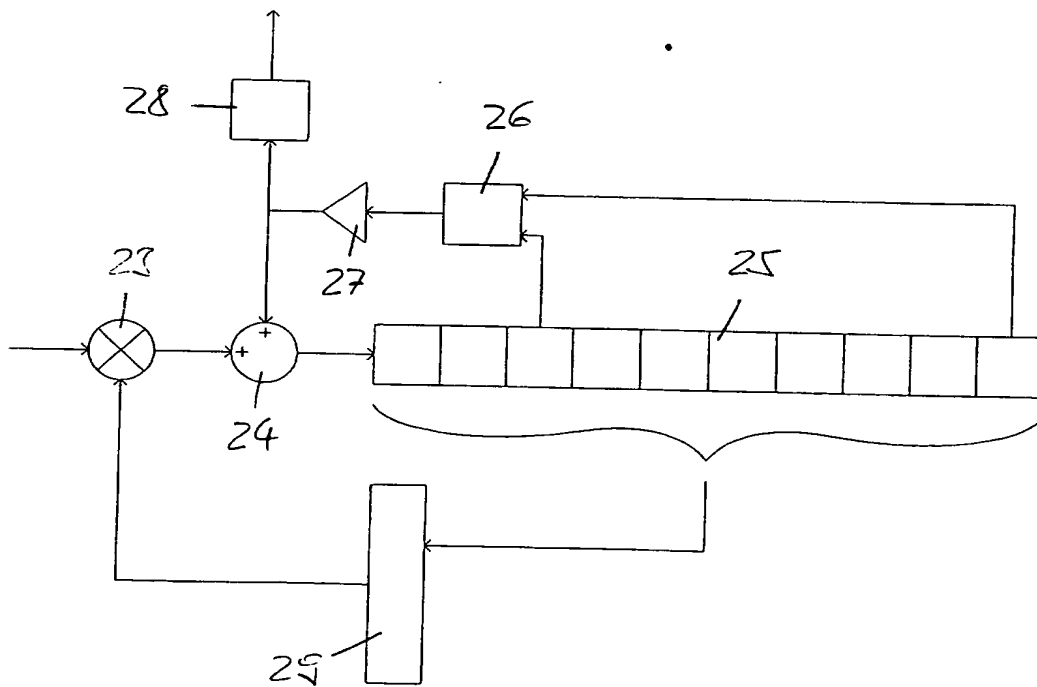


Fig. 4

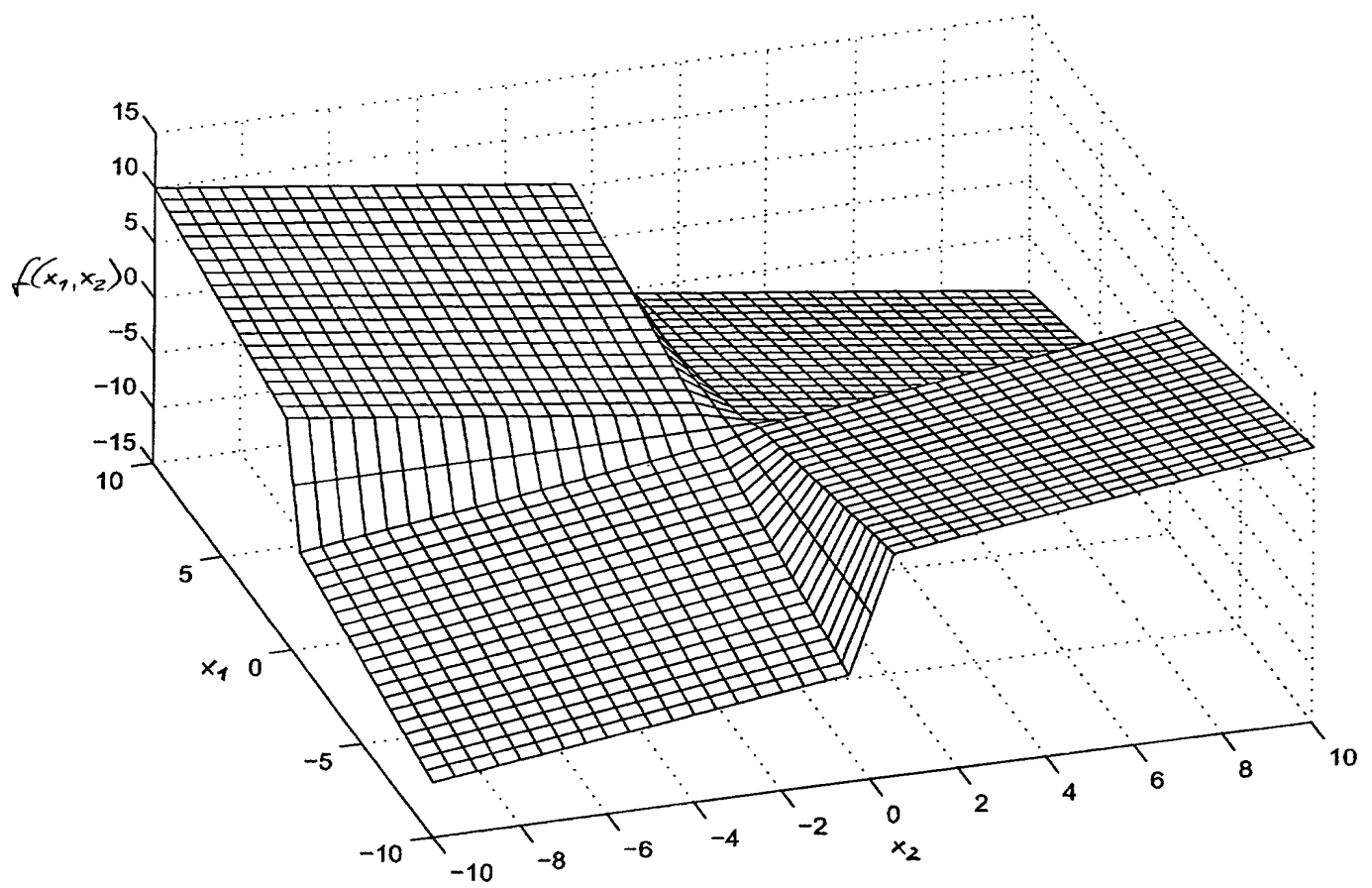


Fig. 5

418

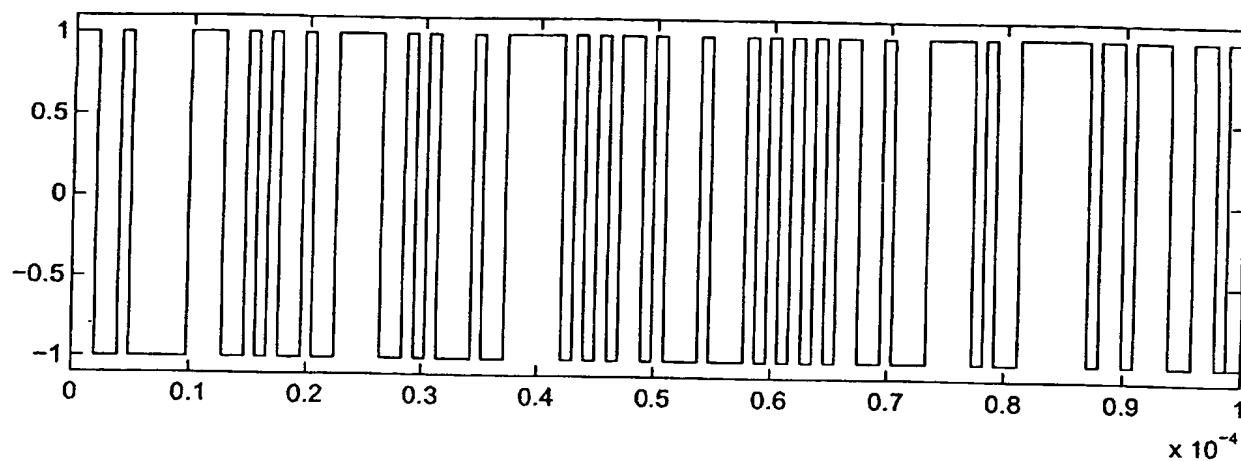


Fig. 6

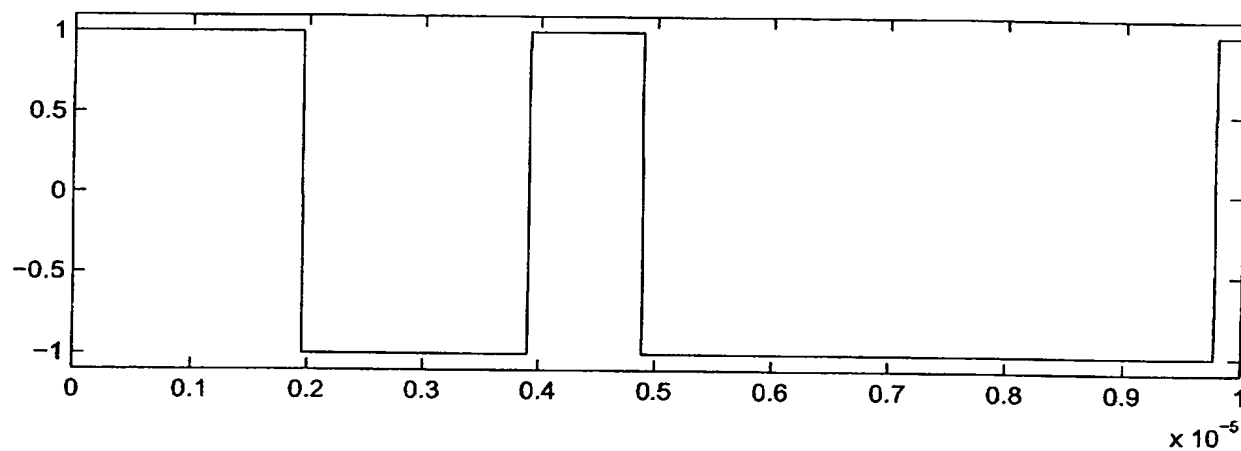


Fig. 7

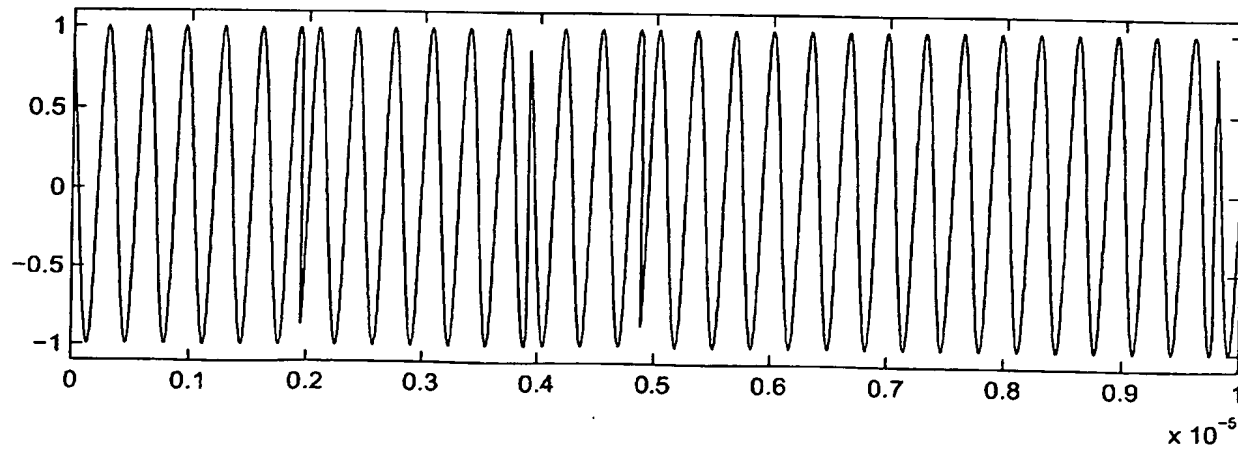


Fig. 8

5/8

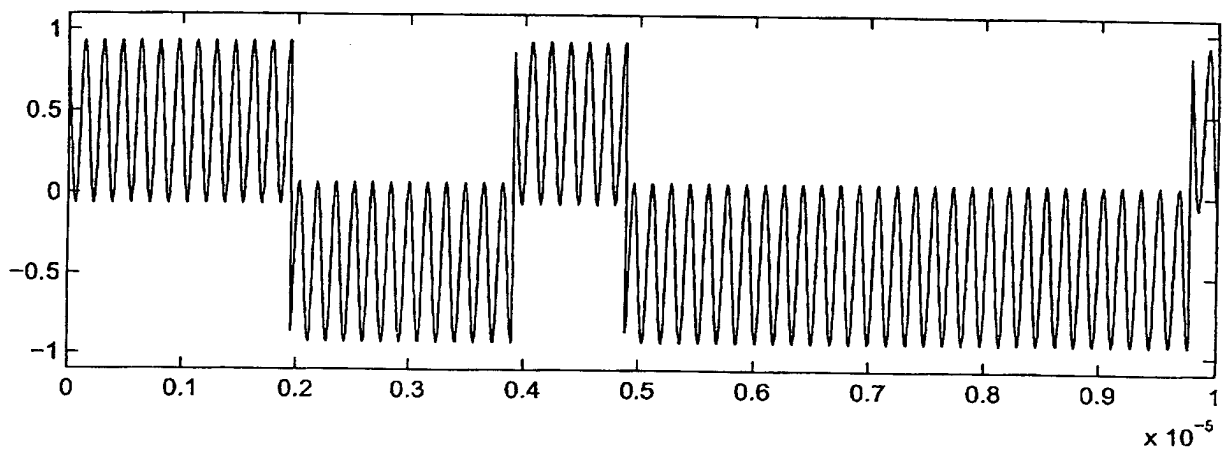


Fig. 9

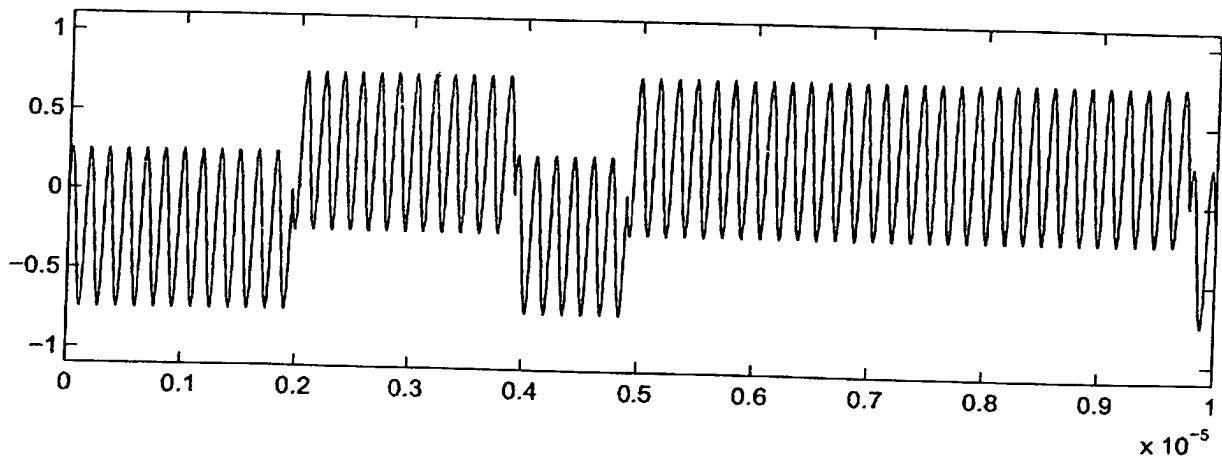


Fig. 10

618

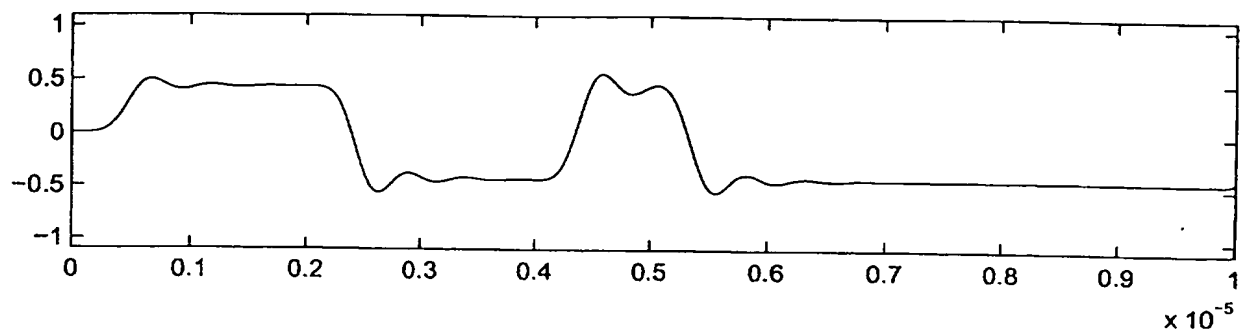


Fig. 11a

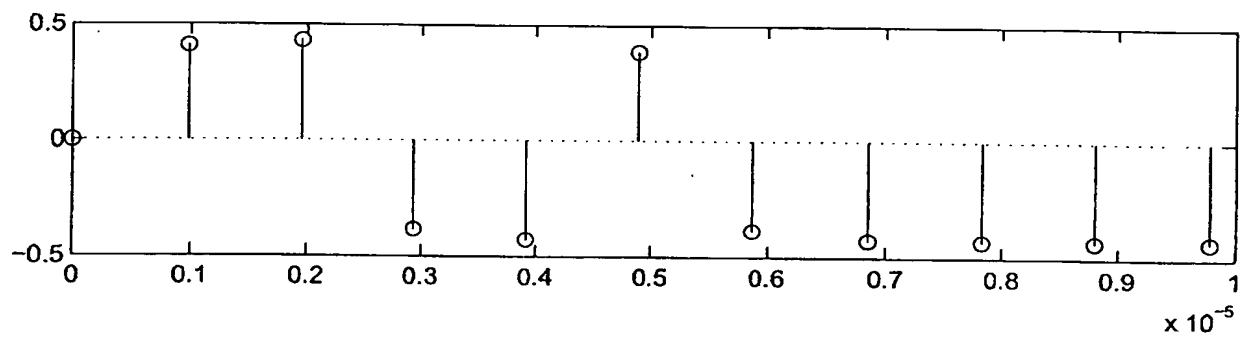


Fig. 11b

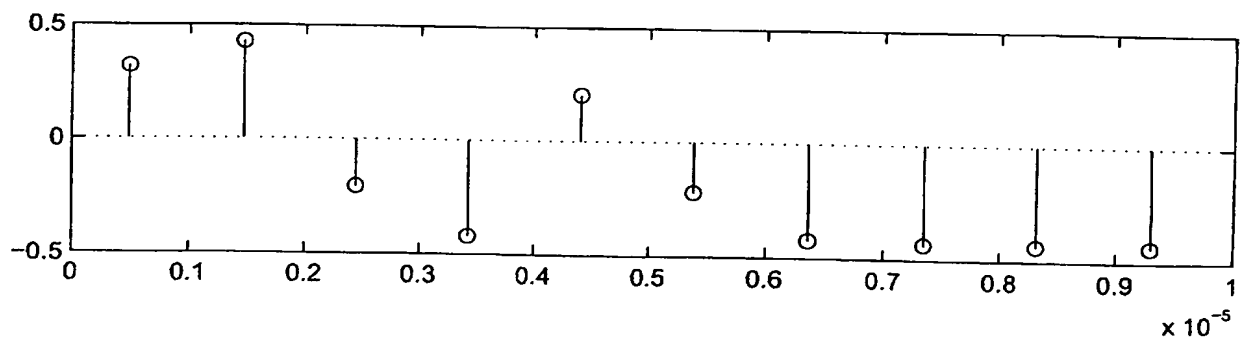


Fig. 11c

7/8

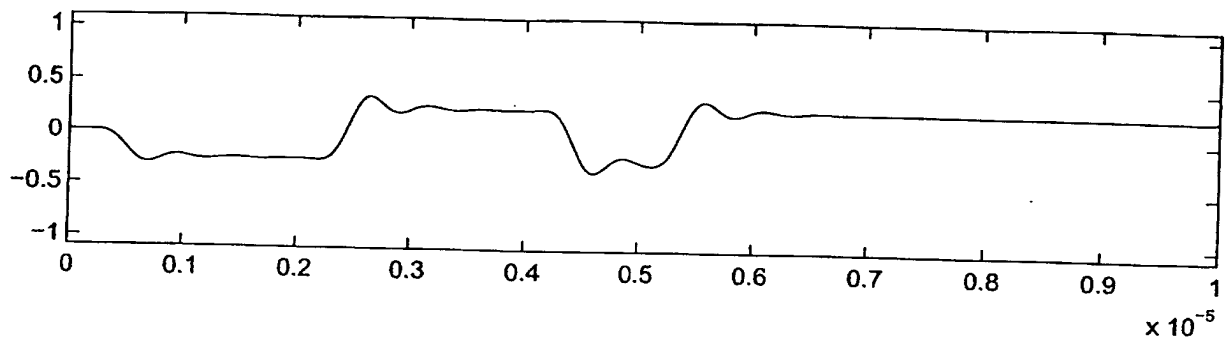


Fig. 12a

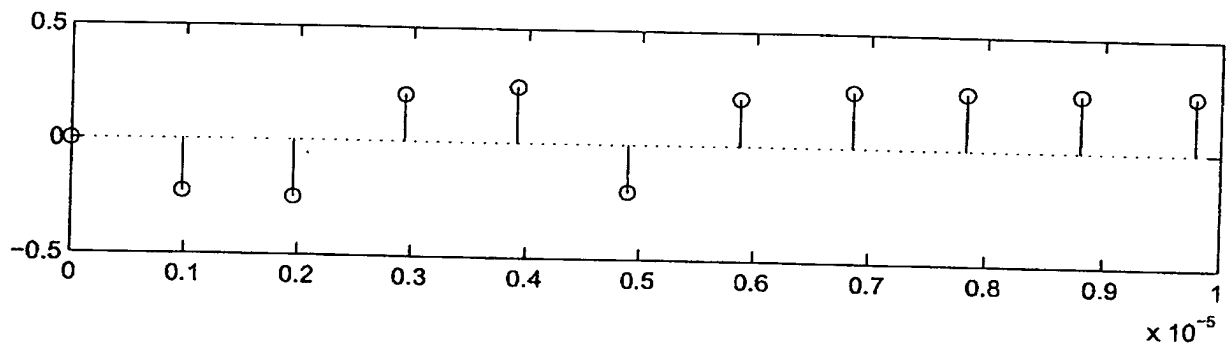


Fig. 12b

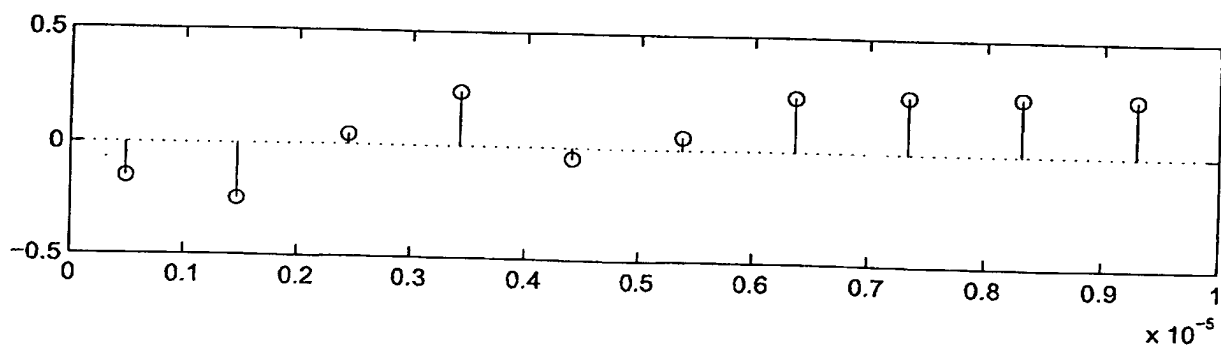


Fig. 12c

8/8

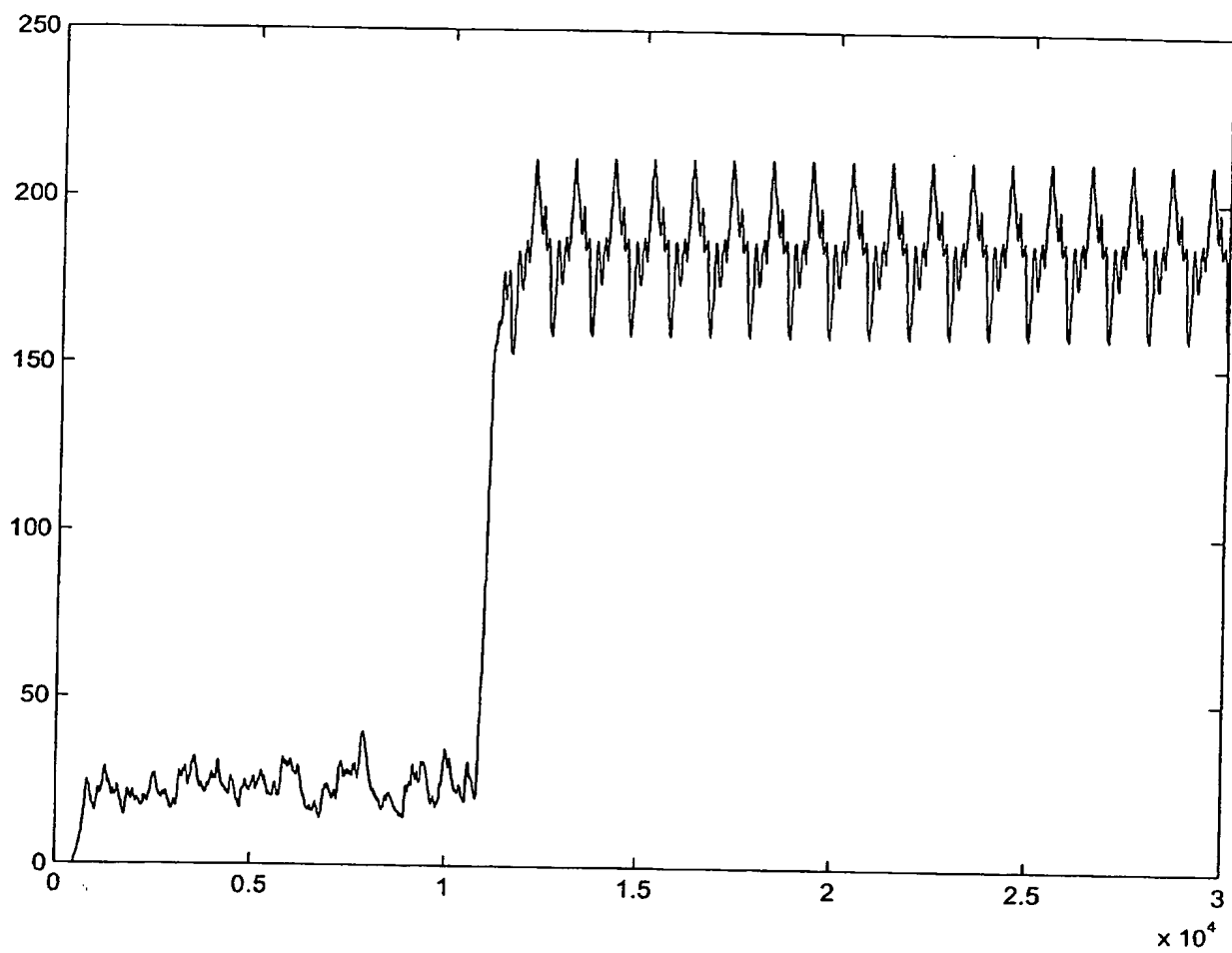


Fig. 13